



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่พิจารณาจากจุดคุ้มทุน ภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนและความอ่อนไหวของราคาสินค้า

An Inventory policy consideration based on break-even point under demand uncertainty and price sensitivity

อิสริยาพร หลวงหาญ^{1*} ภาณุ บุรณจารุกร² เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อำเภอเมืองอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000

² ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

³ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

Itsariyaporn Luanghan^{1*} Panu Buranajarukorn² Katechan Jampachaisri³

¹ Program of Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok 65000

³ Department of Mathematics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author.

E-mail: itsariyaporn6027@gmail.com; Telephone: 0 8825 21933

วันที่รับบทความ 14 พฤศจิกายน 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 13 มีนาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ 8 เมษายน 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนะนโยบายสินค้าคงคลังที่พิจารณาจากจุดคุ้มทุน ภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนและความอ่อนไหวของราคาสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมีการจำหน่ายสินค้าแบบค้าส่งและแบบค้าปลีก เพื่อเพิ่มสภาพคล่องในการดำเนินธุรกิจและโอกาสในการทำกำไร การศึกษาวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max และนโยบายแบบมีส่วนลดทางการค้าแบบมีเงื่อนไข ผลการศึกษาพบว่า นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min มีต้นทุนสินค้าคงคลังรวมต่ำกว่านโยบายอื่น ในขณะที่นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Max และนโยบายแบบมีส่วนลดทางการค้ามีต้นทุนสินค้าคงคลังรวมแตกต่างกัน ส่วนการวิเคราะห์ความไว พบว่าการเปลี่ยนแปลงราคาที่สูงขึ้นหรือลดลงของใบสั่งซื้อสินค้าแต่ละชนิดจะส่งผลต่อราคาจำหน่ายสินค้าสำหรับแบบค้าปลีกและแบบค้าส่ง และเงื่อนไขการให้ส่วนลดทางการค้ามีผลต่อระดับของการขาดทุนของสินค้าแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน พบว่า เมื่อจุดคุ้มทุนอยู่ที่ระดับ 55% ขึ้นไป แม้ว่าการสั่งซื้อสินค้าจะมีส่วนลดทางการค้าหรือไม่ก็ตาม จะส่งผลให้กำไรสุทธิจากการจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีกมากกว่าแบบค้าส่ง

คำสำคัญ

นโยบายสินค้าคงคลัง ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ความต้องการที่ไม่แน่นอน ความอ่อนไหวของราคาสินค้า ส่วนลดแบบมีเงื่อนไข

Abstract

This research aims to propose the inventory policy that considers the break-even point under uncertain demands and price sensitivity of a company's product case study, which sells both wholesale and retail products in order to increase business liquidity and profit opportunity. In this study, it developed a mathematical model suitable for policies of the Min-Max order and the conditional discount. Result from the study that the Min policy had a lower total inventory cost than other policies. While the Max policy and the conditional discount policy, the total inventory costs were different.

According to the sensitivity analysis, it was found that the increasing or decreasing of products' prices affected the selling price of products both retail and wholesale. Moreover, the conditions for trade discounts affect the level of money loss of each product differently. In the analysis of the break-even point, it was found that when the break-even point was 55% or more, Even though the purchase of goods had a trade discount or not. It will result in a net profit selling more retail than wholesale.

Keywords

inventory policy; mathematical model; demand uncertainty; price sensitivity analysis; conditional discount

1. บทนำ

การดำเนินธุรกิจในปัจจุบันจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีรูปแบบการจำหน่ายสินค้าให้กับลูกค้าใน 2 แบบ คือ (1) ลูกค้าแบบค้าปลีก (Customer) เป็นลูกค้าซื้อสินค้าเพื่อนำไปใช้ส่วนบุคคล หรือ “แบบครัวเรือน” และ (2) ลูกค้าแบบค้าส่ง (Vendor) เป็นลูกค้าที่ซื้อสินค้าเพื่อไปจำหน่ายขายต่อหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “คู่ค้า” ซึ่งจะสามารถซื้อสินค้าได้ในราคาพิเศษ เนื่องจากมีการซื้อต่อครั้งในปริมาณมาก เช่น 12 ขวด (1 หีบ), 60 ขวด (5 หีบ) 120 ขวด (10 หีบ) เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ปัญหาในการดำเนินธุรกิจดังกล่าวมักประสบปัญหาเกี่ยวกับการตัดสินใจหาปริมาณสั่งซื้อสินค้าเพื่อจำหน่ายหรือการกำหนดนโยบายการสั่งซื้อสินค้าอย่างไรให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการและได้ผลกำไรสูงสุดที่ผ่านมาผู้ประกอบการกรณีศึกษามีระบบบันทึกการซื้อขาย แต่การบันทึกข้อมูลสินค้าคงคลังยังไม่ถูกต้องและสมบูรณ์ ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการปฏิบัติงานของพนักงานยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรส่งผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในระบบสินค้าคงคลัง ดังนั้น ปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่ผ่านมา จึงมีผู้วิจัยหลายท่านเสนอแนวคิดและเทคนิคการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ยกตัวอย่างเช่น

งานวิจัย [1] ศึกษาเกี่ยวกับนโยบายการสั่งซื้อสินค้าคงคลังแบบผสม โดยพิจารณากลยุทธ์รูปแบบการชำระเงิน การจำลองปริมาณการสั่งซื้อสินค้าให้เหมาะสมกับวัฏจักรของสินค้าจากการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ภายใต้สถานการณ์จริงและตรวจสอบประสิทธิภาพจากผลกำไรสุทธิประจำปี งานวิจัย [2] ศึกษาในระบบสินค้าคงคลังและการกำหนดราคา รวมถึงกลยุทธ์ระบบการสั่งซื้อซัพพลายเชนระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย โดยได้วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่เหมาะสมกับกลยุทธ์การสั่งซื้อภายใต้เงื่อนไขการให้สินเชื่อและความต้องการยกกำลังสอง งานวิจัย [3] ศึกษา นโยบายการสั่งซื้อเมื่อความ

ต้องการขึ้นอยู่กับสต็อกสินค้า ได้แก่ ส่วนลดราคาที่ซัพพลายเออร์เสนอตามนโยบายการสั่งซื้อของผู้ค้าปลีกอัลกอริทึมที่เสนอสามารถตัดสินใจได้ดี โดยตัวอย่างตัวเลขการทดสอบได้รับการตรวจสอบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความไว เพื่อกำหนดพารามิเตอร์สินค้าคงคลังที่สำคัญ

การศึกษาปัญหาในการดำเนินธุรกิจของกรณีศึกษา พบว่าผู้ประกอบการ ดำเนินธุรกิจในลักษณะห้างซูปเปอร์สโตร์ที่จำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคให้กับลูกค้า 2 แบบ คือ แบบที่ 1 แบบค้าปลีก จำหน่ายผ่านหน้าห้าง (ชำระเงินผ่านเคาน์เตอร์) และแบบที่ 2 แบบค้าส่ง เป็นการซื้อสินค้าในปริมาณมาก เพื่อนำสินค้าไปจำหน่ายขายต่อในชุมชนหรือร้านค้าของตนเอง ดำเนินการสั่งซื้อสินค้าผ่านพนักงานขายหรือ ณ จุดให้บริการในห้าง ห้างซูปเปอร์สโตร์มีสินค้าพร้อมจำหน่ายมากกว่า 10,000 รายการ และสินค้าส่วนใหญ่ มีพร้อมจำหน่ายลูกค้าอย่างสม่ำเสมอ

ด้านนโยบายการสั่งซื้อสินค้ากำหนดให้มีการสั่งซื้ออย่างน้อยเดือนละครั้งและปริมาณที่สั่งซื้อสินค้าขั้นต่ำต้องเป็นไปตามส่วนลดแบบมีเงื่อนไขและการพิจารณาของแถมขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการสั่งซื้อสินค้า

จากการรับฟังปัญหาเกี่ยวกับนโยบายสั่งซื้อสินค้า และการจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษาได้ให้ความสำคัญดังกล่าวกับสินค้าหมวดน้ำมันพืช เนื่องจากเป็นสินค้าที่กรณีศึกษาหรือผู้จำหน่ายไม่สามารถกำหนดราคาขายได้ตามความต้องการ ด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นสินค้าควบคุมที่รัฐบาลเป็น ผู้กำหนดราคาขายให้เหมาะสมกับผู้บริโภค รวมถึงทุกฝ่ายตลอดโซ่อุปทานให้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด จากปัญหาข้างต้นสามารถแยกออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

(1) ปัญหาความอ่อนไหวของราคาจำหน่ายสินค้าที่ภาครัฐเป็นผู้กำหนดให้กับผู้ประกอบการที่จำหน่ายน้ำมันพืช เช่น สินค้า A กำหนดราคาจำหน่ายแบบค้าปลีก (ต่อขวด) สับดาห์ที่

1 เท่ากับ 55.00 บาท สัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 58.00 บาท สัปดาห์ที่ 3 เท่ากับ 58.00 บาท และสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 55.00 บาท เป็นต้น

(2) ปัญหาความต้องการที่ไม่แน่นอนของลูกค้า ทั้ง 2 แบบ (แบบค่าปลีกและแบบค่าส่ง) และบางช่วงเวลา ไม่มีความต้องการสินค้า (Zero demand) และ

(3) ปัญหาการเปลี่ยนแปลงของราคาต้นทุนสินค้าส่งผลต่อการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้า เนื่องจากต้นทุนสินค้าในแต่ละช่วงเวลาไม่สอดคล้องกับราคาขาย เช่น ต้นทุนสินค้า A ณ วันที่ 1 มกราคม 2565 เท่ากับ 616.82 บาท/หีบ (หีบละ 12 ขวด) ได้รับส่วนลด 3.7872% หรือ 0.037872 ราคาขายปลีก เท่ากับ 55.00 บาท/ขวด ได้กำไรขั้นต้น เท่ากับ 5.51 บาท (ไม่รวมต้นทุนสินค้าคงคลังอื่นและภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%) จะเห็นได้ว่าสินค้านี้มีต้นทุนสูง และหากไม่พิจารณาส่วนลดทางการค้าที่ซัพพลายเออร์ให้กับกรณีศึกษา จะทำให้กรณีศึกษาได้กำไรขั้นต้นน้อยไปกว่าเดิม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการพัฒนาตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max (Ordering policies and quantity inventory decision : OPQID) ภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนและความอ่อนไหวของราคา โดยพิจารณาจากจุดคุ้มทุนของกำไรสูงสุดที่คาดว่าจะได้รับจากลูกค้า ทั้ง 2 แบบ คือ แบบค่าปลีกและแบบค่าส่ง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไข การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้าด้วยนโยบายสินค้าคงคลัง เพื่อตอบสนองความต้องการสินค้าของผู้บริโภคให้มีต้นทุนต่ำสุดหรือกำไรสูงสุดนั้นมีต้นทุนที่สำคัญ ประกอบด้วย ต้นทุนสินค้าที่จำหน่าย ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าและต้นทุนการถือครองสินค้า รวมถึงการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าภายใต้ ความต้องการที่ไม่แน่นอนและความผันผวนของต้นทุนสินค้าและราคาขายสินค้าเพื่อการจำหน่ายสำหรับลูกค้า ทั้ง 2 แบบ คือ แบบค่าปลีกและแบบค่าส่ง ด้วยการพัฒนา ตัวแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์ที่พิจารณาการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรและการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ดังนี้

งานวิจัย [4] ศึกษาปัญหาขนาดสั่งซื้อสินค้าภายใต้ข้อจำกัดของพื้นที่และความต้องการที่ไม่แน่นอน โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นแบบผสมผสาน (Mixed-Integer Linear Programming: MILP) งานวิจัย [5] ศึกษาเกี่ยวกับระบบสินค้าคงคลังสำหรับความต้องการที่มีลักษณะแนวโน้ม โดยส่งผลกระทบต่อความอ่อนไหวของราคาและเวลา เพื่อการเพิ่มกำไรสูงสุดของผู้ค้าปลีก ซึ่งมีเงื่อนไขการชำระเงินมาร่วมพิจารณา ในการวิเคราะห์ความไวจะกำหนดพารามิเตอร์ตามโมเดลสินค้าคงคลังที่ได้รับการตรวจสอบจากชุดตัวอย่างตัวเลข (Numerical example) เช่นเดียวกับงานวิจัย [6] พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สินค้าคงคลังที่เหมาะสมที่สุดของราคาและช่วงเวลาการวิเคราะห์ ความไว (Sensitivity analysis) ของตัวแปร (Parameters) ที่ส่งผลการหาขนาดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด งานวิจัย [7] ศึกษากลยุทธ์ด้านราคาและการสั่งซื้อด้วย กลยุทธ์ผลตอบแทนภายใต้ความไม่แน่นอน

งานวิจัย [8] ศึกษาขนาดสั่งซื้อแบบสุ่ม เพื่อเพิ่มความน่าจะเป็นของกำไรสูงสุด งานวิจัย [9] ศึกษาการกำหนดนโยบายเพิ่มเติมที่เหมาะสมสำหรับวัสดุคงคลังอะไหล่ในงานซ่อมบำรุงเชิงแก้ไขของระบบที่มีหลายเครื่องจักรได้ใช้ความน่าจะเป็นแบบปัวซองของเหตุการณ์ชำรุดในแต่ละคาบเวลา และหาคำตอบของนโยบายเพิ่มเติมด้วยการกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัย [10] และงานวิจัยของ [11] สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และใช้โปรแกรม Solver add-in Microsoft Excel ในการหาคำตอบแบบ Non-Linear Programming เพื่อพัฒนากระบวนการจัดซื้อสินค้าและการตอบสนองต้นทุนในโซ่อุปทาน

งานวิจัย [12] ศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังสำหรับสินค้าหลายรายการที่มีการสั่งซื้อร่วมกันจากผู้ผลิตของบริษัทจำหน่ายอุปกรณ์สำนักงานทาง E-Commerce แห่งหนึ่ง ปัจจุบันกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังแบบ Min-Max ที่ไม่เหมาะสมกับการเติมเต็มร่วมกันหลายรายการและรูปแบบการจัดส่งสินค้าแบบเติมคัน เช่นเดียวกับงานวิจัย [13] ได้เสนอรูปแบบการจัดการพัสดุคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุงด้วยวิธีการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัดและวิธีการสั่งซื้อ

แบบต่ำสุด-สูงสุด (Min-Max) ในขณะที่การนำนโยบายสินค้าคงคลัง Min-Max มาประยุกต์ใช้ในธุรกิจ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัย [14] นโยบายดังกล่าวเป็นวิธีการจัดการความเสี่ยงให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดและง่ายต่อ การตัดสินใจของผู้บริหาร ซึ่งเป็นวิธีควบคุม สต็อกไม่ให้มีมากเกินไปจนความจำเป็น ในขณะที่งานวิจัย [15] เป็นวิธีการที่สามารถเปลี่ยนแปลงการกำหนดปริมาณสินค้าต่ำสุด – สูงสุด ในแต่ละช่วงเวลาได้ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนสินค้า คงคลังเฉลี่ยในระยะยาวได้อีกด้วย เช่นเดียวกับงานวิจัย [16] นโยบายดังกล่าวอนุญาตให้มีปริมาณสินค้าคงคลังจัดเก็บไว้ในคลังสินค้าตามความเหมาะสมของสินค้าแต่ละรายการ เพื่อไม่ให้กระทบต่อสภาพคล่องของเงินทุนหมุนเวียนงานวิจัย [17] เป็นวิธีการควบคุมสินค้าคงคลังโดยอาศัยการกำหนดค่าต่ำสุด-สูงสุด เช่นเดียวกับวิธีการหาระดับความปลอดภัยของสินค้า (Safety Stock : SS)

จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้น พบว่า ปัญหาจากงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับนโยบายการสั่งซื้อสินค้า (Ordering policy) ไม่นิยมนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงสถิติ เช่น การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient : r) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวที่มีความสอดคล้องกัน เมื่อค่า r เข้าใกล้ +1.00 หรือแปรผกผันกันเมื่อค่า r เข้าใกล้ -1.00 [18] และการหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation : CV) ในการพิจารณาความต้องการสินค้าที่จำหน่ายว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่คงที่ [13]

แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า บางงานวิจัยได้ใช้เทคนิคที่อาศัยความน่าจะเป็นและการสุ่มแบบมอนติคาร์โลเพื่อสุ่มข้อมูลในการหาคำตอบ ส่วนการสั่งซื้อสินค้าภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนนิยมใช้การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับปัญหาและวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์หาต้นทุนรวมสินค้าคงคลังหรือหากำไรต่ำสุด/สูงสุด ร่วมกับข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาการชำระเงิน พื้นที่จัดเก็บสินค้า เป็นต้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการนำเสนอวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กรณีศึกษาได้จริง โดยการสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [6][19] ภายใต้นโยบายปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min – Max [12] การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ (r , CV) ร่วมกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและการ

วิเคราะห์ความไว [20] ของปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอน และการเปลี่ยนแปลงของราคาจำหน่ายสินค้า

ทั้งนี้ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนยังสามารถแสดงผลลัพธ์ของกำไรสูงสุดที่คาดว่าจะได้ต่อรอบการสั่งซื้อ การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลส่วนลดทางการค้าจากซัพพลายเออร์และราคาจำหน่ายสินค้าทั้งค่าปลีก – ค้าส่ง มาร่วมพิจารณาเพื่อให้ได้ตัวแบบที่มีความใกล้เคียงกับปัญหากรณีศึกษามากที่สุด อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่ได้มีความซับซ้อนและสามารถหาคำตอบที่มีผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้กับสินค้าประเภทอื่น ๆ ได้เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

จากปัญหาของกรณีศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์และพัฒนารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model : MM) มาประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการกำหนดนโยบายสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมร่วมกับการหาจุดคุ้มทุนและกำไรสุทธิสูงสุดของการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละรอบเพื่อเป็นแนวทางให้กรณีศึกษาได้นำไปกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดและการบริหารสถานะทางการเงินภายใต้นโยบายการกำหนดปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่สอดคล้องกับลักษณะปัญหาของกรณีศึกษาดังกล่าว โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ในการหาคำตอบ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

การวิเคราะห์ทางสถิติในการศึกษานี้ พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (r) [18] และหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) [13] ของปริมาณการขายสินค้าแต่ละรายการ เพื่อนำไปพิจารณาการสั่งซื้อแบบ Min-Max ในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ดังสมการ (1) และ (2) ตามลำดับ

สมการที่ (1) หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (r)

$$r = \frac{\sum Z_x Z_y}{n} \quad (1)$$

โดยที่ r คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x กับตัวแปร y

Z_x คือ ปริมาณการขายสินค้า x

Z_y คือ ราคาจำหน่ายสินค้า y

n คือ จำนวนข้อมูลความต้องการเท่ากับ 24 สัปดาห์
สมการที่ 2 หาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV)

$$CV = \frac{\frac{1}{n} \sum d_i^2 - d^2}{d^2} \quad (2)$$

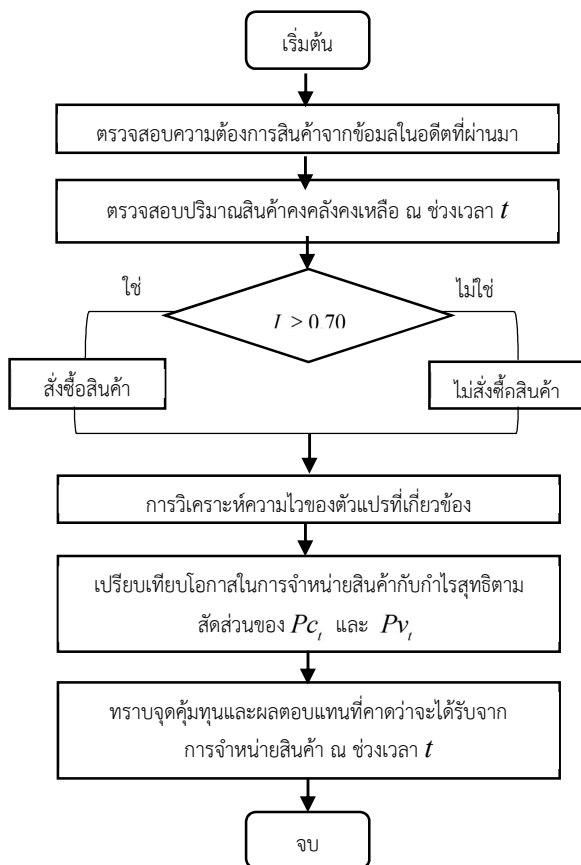
โดยที่ CV คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

d คือ ปริมาณการขายสินค้า i รายสัปดาห์

n คือ จำนวนข้อมูลความต้องการเท่ากับ 24 สัปดาห์

3.2 กระบวนการตัดสินใจและการหาคำตอบ

ผู้วิจัยมีกระบวนการตัดสินใจและหาคำตอบของตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการตัดสินใจและการหาคำตอบของตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1 สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อตรวจสอบความต้องการสินค้าที่ผ่านมาและปริมาณสินค้าคงคลังคงเหลือ ณ ช่วงเวลา t เมื่อค่าอัตราส่วนปริมาณสินค้าคงคลัง ณ ช่วงเวลา t (I_t) เท่ากับ ≥ 0.70 หมายถึง ปริมาณความต้องการสินค้ามีมากกว่าปริมาณสินค้าคงคลังคงเหลือจึงควรดำเนินการสั่งซื้อสินค้า จากนั้นจึงวิเคราะห์ความไวของตัวแปรและเปรียบเทียบโอกาสในการจำหน่ายสินค้ากับกำไร ที่คาดว่าจะได้รับจากสัดส่วนของราคาแบบค้าปลีก (Pc_t) และแบบค้าส่ง (Pv_t)

3.3 ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model: MM)

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ดัดแปลงและประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ [5][6] มาเป็นต้นแบบในการพัฒนาตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกรณีศึกษา โดยได้กำหนดพารามิเตอร์, ตัวแปรที่ใช้สำหรับการตัดสินใจ, การวิเคราะห์ความไวของตัวแปร และสมมติฐานขอบเขตการพิจารณา ดังนี้

1) พารามิเตอร์ คือ

$P(i,t)$ คือ ราคาขายสินค้าบาทต่อหน่วย ณ ช่วงเวลา t (Selling price) ที่รัฐบาลกำหนดให้

Ps_t คือ ราคาตามใบสั่งซื้อสินค้า (Purchasing Order PO) ของ Supplier price (บาทต่อหน่วยต่อครั้ง)

Pc_t คือ ราคาขายสินค้าบาทต่อหน่วย สำหรับลูกค้าแบบค้าปลีก (Customer) ณ ช่วงเวลา t

Pv_t คือ ราคาขายสินค้าบาทต่อหน่วย สำหรับลูกค้าแบบค้าส่ง (Vendor) ณ ช่วงเวลา t

I_t คือ อัตราปริมาณสินค้าคงคลัง ณ ช่วงเวลา t

D_t คือ ปริมาณหน่วยความต้องการสินค้าเพื่อจำหน่าย ณ ช่วงเวลา t

V_t คือ ปริมาณหน่วยสินค้าคงคลังในสต็อก ณ ช่วงเวลา t

E_t คือ ปริมาณหน่วยสินค้าคงคลังพร้อมจำหน่าย ณ ช่วงเวลา t

Qd_t คือ ปริมาณหน่วยการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง ณ ช่วงเวลา t

Ch คือ ต้นทุนการถือครองสินค้า (บาทต่อหน่วย)

Cs คือ ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า (บาทต่อหน่วย)

$Ds_{(i,t)}$ คือ ส่วนลดทางการค้าที่ได้รับจากซัพพลายเออร์ ณ ช่วงเวลา t (ร้อยละ)

Dv คือ ส่วนลดทางการค้าที่กรณีศึกษามอบให้กับลูกค้าแบบค้าส่ง (ร้อยละ)

$TC_{(i,t)}$ คือ ต้นทุนรวม ณ ช่วงเวลา t (บาทต่อครั้ง)

n คือ จำนวนหน่วยต่อหีบ

Z_t คือ กำไรสูงสุดที่คาดว่าจะได้รับ ณ ช่วงเวลา t (บาทต่อครั้ง)

T คือ ระยะเวลาที่ต้องการทราบปริมาณสินค้า (Week period)

α คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความไวของตัวแปร

ε_i คือ ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปร; $i \in 1, 2, 3, 4, 5$

β_i คือ อัตราของโอกาสที่คาดว่าจะจำหน่ายสินค้าได้; $i \in 1, 2$

2) ตัวแปรที่ใช้สำหรับการตัดสินใจ คือ

I_t คือ อัตราปริมาณสินค้าคงคลัง ณ ช่วงเวลา t

E_t คือ ปริมาณหน่วยสินค้าคงคลังพร้อมจำหน่าย ณ ช่วงเวลา t

3) การวิเคราะห์ความไวของตัวแปร คือ

$P(i,t)$ คือ ราคาขายสินค้า i บาทต่อหน่วย ณ ช่วงเวลา t (Selling price) ที่รัฐบาลกำหนดให้

Ps_t คือ ราคาตามใบสั่งซื้อสินค้า (Purchasing Order : PO) ของ Supplier price (ราคาต่อหีบต่อครั้ง)

Pv_t คือ ราคาขายสินค้าบาทต่อหน่วยลูกค้าแบบค้าส่ง (Vendor) ณ ช่วงเวลา t

$Ds_{(i,t)}$ คือ อัตราส่วนลดทางการค้าที่ได้รับจากการสั่งซื้อสินค้า i ณ ช่วงเวลา t (ร้อยละ)

Ch คือ ต้นทุนการถือครองสินค้าบาทต่อหน่วย

Cs คือ ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าบาทต่อหน่วย

4) สมมติฐานและขอบเขตการพิจารณา คือ

1. พิจารณาระบบสินค้าคงคลังเฉพาะรายการที่กลุ่มตัวอย่าง

2. พิจารณารูปแบบการจำหน่าย 2 แบบ คือ ลูกค้าแบบค้าส่งและลูกค้าแบบค้าปลีก

3. การวางแผนการสั่งซื้อสินค้ามีอย่างต่อเนื่อง

4. ไม่อนุญาตให้มีการขาดแคลนสินค้า ระยะการรอคอยสินค้าเป็นศูนย์หรือเล็กน้อย

5. พิจารณารายการสินค้าที่ได้รับส่วนลดและไม่ได้รับส่วนลดจากซัพพลายเออร์ต่อการสั่งซื้อสินค้าต่อรอบตามเงื่อนไขที่ซัพพลายเออร์กำหนด

6. พิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงของราคาจำหน่ายสินค้าให้กับลูกค้าที่ภาครัฐเป็นผู้กำหนด (Pricing product by government)

7. พิจารณาอัตราส่วนลดรับให้กับลูกค้าแบบค้าส่ง (Discount for Vendor)

8. พิจารณาโอกาสที่ลูกค้ามีหรือไม่มีความต้องการสินค้า (Demand opportunity: DO)

9. พิจารณาโอกาสในการจำหน่ายสินค้าให้กับลูกค้า (Selling opportunity : SO)

10. แสดงผลลัพธ์ปริมาณความต้องการเป็นจำนวนหน่วยและปริมาณสั่งซื้อเป็นจำนวนหีบ

11. การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้นำต้นทุนการสั่งซื้อมาพิจารณา (Ordering cost) เนื่องจากมีการกำหนดรอบการสั่งซื้อไว้เรียบร้อยแล้ว [21]

5) การพัฒนาตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการอภิปราย

การพัฒนาตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้เป็นไปตามกระบวนการตัดสินใจและหาคำตอบ ดังสมการที่ (3) – (13) ตามลำดับ

สมการที่ 3 หาอัตราปริมาณความต้องการสินค้า ณ ช่วงเวลา t

$$\frac{D_t}{V_t} = I_t \quad (3)$$

เมื่อ ; หาอัตราส่วนปริมาณความต้องการสินค้ากับปริมาณสต็อกคงเหลือ เท่ากับ $I_t \geq 0.70$ กำหนดให้ 0 แทนจะตัดสินใจสั่งซื้อสินค้า, 1 แทน ไม่สั่งซื้อสินค้าแล้ว จากนั้นจึงไปคำนวณหาปริมาณสินค้าสต็อกคงเหลือ ดังสมการที่ (4)

สมการที่ 4 หาปริมาณสินค้าคงเหลือหน่วยในช่วงเวลา t

$$V_t - D_t = E_t \quad (4)$$

ปริมาณสินค้าคงเหลือจะนำไปคำนวณหาต้นทุนสินค้าคงคลังโดยรวม ดังสมการที่ (5) – (6)

สมการที่ 5 การคำนวณหาต้นทุนสินค้าคงคลังโดยรวมบาทต่อครั้ง ณ ช่วงเวลา $t+1$ (กรณีสั่งซื้อสินค้า)

$$TC_{1,t} = \sum_{i=1}^t \left(\frac{Ps_i - Ds_i}{Qd_i} \right) + [(Qd_i)(Ch + Cs)] + TC_{2,t} \quad (5)$$

$$\text{เมื่อ ; } Qd_t = \frac{D_t}{n}$$

$$\text{ตัวอย่างเช่น : } Qd_2 = \frac{1200}{12} = 100 \text{ หีบ}$$

สมการที่ 6 การคำนวณต้นทุนสินค้าคงคลังโดยรวมต่อครั้ง ณ ช่วงเวลา t (กรณีไม่สั่งซื้อสินค้า)

$$TC_{2,t} = \sum_{i=1}^{t-1} \left(\frac{Ps_{i-1} - Ds_{i-1}}{E_i} \right) + [(E_i)(Ch + Cs)] \quad (6)$$

จากนั้นจึงคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงราคาจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีก, ราคาตามใบสั่งซื้อ, แบบค้าส่ง, ต้นทุนการถือครองสินค้าและการจัดเก็บสินค้า โดยอาศัยการวิเคราะห์ความไว เพื่อพิจารณาว่า ตัวแปรใดที่ส่งผลต่อการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้า ดังสมการที่ (7) – (11)

สมการที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของราคาจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีก

$$\varepsilon_{1,t} = \alpha[P(i,t)] + (Ps_t - Ds_t) + (Cs + Ch) \quad (7)$$

สมการที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของราคาตามใบสั่งซื้อสินค้า

$$\varepsilon_{2,t} = \alpha[Ps_t - Ds_t] + (P(i,t) + Cs + Ch) \quad (8)$$

สมการที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของราคาจำหน่ายสินค้าแบบค้าส่ง

$$\varepsilon_{3,t} = \alpha[Pv_t] + (Ps_t - Ds_t) + (Cs + Ch) \quad (9)$$

สมการที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการจัดเก็บสินค้า

$$\varepsilon_{4,t} = \alpha[Cs] + [P(i,t) + (Ps_t - Ds_t) + Ch] \quad (10)$$

สมการที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการถือครองสินค้า

$$\varepsilon_{5,t} = \alpha[Ch] + [P(i,t) + (Ps_t - Ds_t) + Cs] \quad (11)$$

ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ในการหาจุดคุ้มทุนและกำไรสูงสุดของการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละรอบการจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีกและแบบค้าส่ง $\alpha = \pm 10\%$ และ $\beta_i = \pm 5\%$ ดังสมการที่ (12)

สมการที่ 12 คำนวณหารายได้จากโอกาสการจำหน่ายสินค้าพร้อมกับโอกาสในการขายสินค้าแบบค้าปลีกและแบบค้าส่ง ณ ช่วงเวลา t
แบบค้าปลีก

$$R_{c,t} = [(\alpha(Qd_t + E_t))\beta_1]Pc_t \quad (12.1)$$

แบบค้าส่ง

$$R_{v,t} = [(\alpha(Qd_t + E_t))\beta_2]Pc_t \quad (12.2)$$

$$\text{เมื่อ } 0 < \alpha \leq 1, 1 - \beta_1 = \beta_2$$

นอกจากนั้น เมื่อรายได้จากการจำหน่ายสินค้าทั้งแบบค้าปลีกและแบบค้าส่ง ณ ช่วงเวลา t จึงสามารถคำนวณหากำไรสูงสุดที่คาดว่าจะได้รับทั้งกรณีสั่งซื้อสินค้าหรือไม่สั่งซื้อสินค้า ดังสมการที่ (13)

สมการที่ 13 คำนวณหากำไรสูงสุดที่คาดว่าจะได้รับ ณ ช่วงเวลา $t+1$ จากกรณีสั่งซื้อสินค้าและไม่สั่งซื้อสินค้า

กรณีสั่งซื้อสินค้า

$$Max_Profit Z_t = [R_{c,t} + R_{v,t}] - TC_{1,t} \quad (13.1)$$

กรณีไม่สั่งซื้อสินค้า

$$Max_Profit Z_t = [R_{c,t} + R_{v,t}] - TC_{2,t} \quad (13.2)$$

3.4 ข้อมูลตัวเลขที่ใช้สำหรับการทดสอบ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลของกรณีศึกษาเป็นข้อมูลรายการสินค้า จำนวน 5 รายการ จากทั้งหมด 14 รายการ คัดเลือกข้อมูลกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเรียงลำดับปริมาณการจำหน่ายสินค้าสูงสุด 5 อันดับแรก ตั้งแต่เดือน มกราคม – มิถุนายน 2565 ระยะเวลา 24 สัปดาห์ [22] ข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่ (1) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง ปริมาณการจำหน่ายสินค้า (2) ราคาสินค้าจากซัพพลายเออร์ (3) ราคาจำหน่ายสินค้าให้กับลูกค้า (4) ส่วนลดการสั่งซื้อสินค้าแบบมีเงื่อนไขจากซัพพลายเออร์ และ (5) ส่วนลดที่ให้กับลูกค้าแบบค้าส่ง การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้นำต้นทุนการสั่งซื้อมาพิจารณา (Ordering cost) เนื่องจากรอบระยะเวลาการสั่งซื้อสินค้าคงที่ และปัญหาที่สำคัญ คือ การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่ไม่เหมาะสมต่อความต้องการสินค้าและนโยบายการเติมเต็มสินค้า ซึ่งมีความคิดเห็นตรงข้ามกับ [12] ส่วนรอบเวลาการส่งมอบสินค้า (Leadtime) ระดับสินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock : SS) และระดับการให้บริการ (Cycle service level: CSL) ที่ได้นำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาคำตอบเพื่อประกอบการตัดสินใจกำหนดปริมาณสั่งซื้อสินค้า [21] อย่างไรก็ตาม ตัวแปรดังกล่าวจึงไม่ส่งผลต่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำหรับตัวแปรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ เช่น $P(i,t) = P_{c,t}, P_{v,t}, P_{s,t}$ เป็นข้อมูลในช่วงสัปดาห์ที่มีจำหน่ายสินค้าล่าสุด (ประมาณสัปดาห์ที่ 21 – 24) ปรากฏดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนลดการสั่งซื้อสินค้าแบบมีเงื่อนไข

รายการสินค้า	ส่วนลดการสั่งซื้อ	
	ปริมาณสั่งซื้อ (หีบ)	อัตราส่วนลด ($DS_{i,t}$)
สินค้า A	200	0.1000
	300	0.0875
สินค้า B	100	0.0562
	200	0.0458
	300	0.0379
สินค้า C	≥ 100	0.0334
	50- 99	0.0139
สินค้า D	ไม่มีส่วนลด	
สินค้า E	ไม่มีส่วนลด	

ตารางที่ 2 ข้อมูลตัวเลขทดสอบค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้ของสินค้าแต่ละรายการ (หน่วย : บาท)

ตัวแปร	สินค้า A	สินค้า B	สินค้า C	สินค้า D	สินค้า E
$P(i,t)=P_{c,t}$	70.00	68.00	137.00	60.42	59.17
$P_{v,t}$	68.75	66.67	135.00	59.31	58.14
$D_{v,t}$	0.0179	0.0196	0.0146	0.0183	0.0174
$P_{s,t}$	800	747.66	672.90	535.00	525.00
C_s	0.083				
Ch	0.115				

4. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical analysis) การทดสอบตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) และจุดคุ้มทุน (Break-Even point) เพื่อพิจารณาผลกำไรสูงสุดที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงสถิติของตัวแปรกรณีศึกษา

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (r) ที่ส่งผลต่อการกำหนดปริมาณสั่งซื้อสินค้าและหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ของปริมาณการจำหน่ายสินค้าแต่ละรายการย้อนหลัง ปรากฏดังตารางที่ 3

ผลการวิเคราะห์ตารางที่ 3 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของปริมาณการขายสินค้า (x) กับราคาจำหน่ายสินค้า (y) ได้แก่ ค่า r ที่ติดลบ (-) ของตัวแปร PA, PB และ PE แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรทั้ง 2 มีค่าแปรผกผันกัน ส่วนค่า r ของตัวแปร PC กับ PD เป็นตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน สอดคล้องกับค่า CV ที่ได้ มากกว่า 0.20 ใน

ทุกรายการสินค้า บ่งชี้ว่า ระดับปริมาณความต้องการสินค้าไม่คงที่ จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ความต้องการของสินค้าแต่ละรายการมีความไม่แน่นอน สามารถใช้นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max และนโยบายส่วนลด การสั่งซื้อแบบมีเงื่อนไข (Conditional discount : CD) ได้

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

	PA	PB	PC	PD	PE	CV
สินค้า A	-0.052	-0.315	0.000	0.000	-0.204	1.39
สินค้า B		-0.290	0.000	0.000	-0.621	1.95
สินค้า C			0.000	0.000	-0.593	2.70
สินค้า D				0.000	-0.734	1.58
สินค้า E					-0.046	1.31

หมายเหตุ : P... แทน ราคาจำหน่ายสินค้า A, B,..., E

4.2 ผลการหาปริมาณความต้องการและปริมาณการสั่งซื้อสินค้า

การนำข้อมูลมาคำนวณหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการหาปริมาณสั่งซื้อสินค้าแต่ละรายการกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลทดสอบการหาปริมาณความต้องการสินค้าแต่ละรายการในช่วงเวลา t (หน่วย)

ช่วงเวลา t และตัวแปร	สินค้า A	สินค้า B	สินค้า C	สินค้า D	สินค้า E
1	433	113	0	204	104
2	1,001	0	162	48	389
3	805	386	24	0	38
4	374	1,105	0	0	37
D_t	2,613	1,604	186	252	568
Mean	653.25	401.00	46.50	63.00	142.00
S.D	300.25	496.52	77.83	96.69	167.62
V_t	2,188	2,101	694	758	423
I_t	1.1942	0.7634	0.2680	0.3325	1.3428
E_t	-425	497	508	506	-145
Min = 0.25	653	401	47	63	142
Max = 0.75	1,960	1,203	140	189	426
n	12	12	6	12	12

จากการทดสอบหาค่าตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าตามตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อค่า I_t มีค่า ≥ 0.70 จะทำให้ค่า E_t มีค่าติดลบ นั้นหมายความว่า กรณีศึกษาจำเป็นต้องสั่งซื้อสินค้าเข้ามาเพื่อรอจำหน่าย หากพิจารณา

นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max ภายใต้ส่วนลดแบบมีเงื่อนไขของซัพพลายเออร์ พบว่า อัตราของนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min กำหนดให้ 0.25 และนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Max กำหนดให้ 0.75 [12] ของปริมาณความต้องการสินค้าช่วง $t(D_t)$ มาทำการหาปริมาณ การสั่งซื้อสินค้าสามารถยกตัวอย่างการคำนวณ สินค้า A ดังนี้ (แสดงผลลัพธ์ : หน่วย)

$$D_t = 433 + 1,001 + 805 + 374 = 2,613$$

$$I_t = \frac{2,613}{2,188} = 1.1942$$

$$E_t = 2,188 - 2,613 = (-425)$$

$$Mean = \frac{2,613}{4} = 653.25$$

$$Min (0.25) = 2,613 \times 0.25 = 653.25 \approx 653$$

$$Max (0.75) = 2,613 \times 0.75 = 1,959.75 \approx 1,960$$

$$Qd_t = \frac{653}{12} = 54.42 \approx 54$$

$$= 54 \times 12 = 648 \text{ หน่วย (เป็นจำนวนเต็ม)}$$

เมื่อพิจารณาค่า I_t พบว่า สินค้า A, E ต้องดำเนินการสั่งซื้อสินค้า ส่วนสินค้า B, C, D ไม่ต้องสั่งซื้อสินค้าเพิ่มในช่วงเวลา t หากพิจารณาจากนโยบายแบบ Min ส่วนนโยบายแบบ Max ส่งผลให้ต้องดำเนินการสั่งซื้อเฉพาะสินค้า B

4.3 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนสินค้าคงคลังรวมภายใต้ นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max และนโยบายการสั่งซื้อสินค้าส่วนลดแบบมีเงื่อนไข (Conditional discount : CD)

เมื่อพิจารณาค่า I_t และค่า E_t ของสินค้าแต่ละรายการตามตารางที่ 4 สามารถกล่าวได้ว่า กรณีศึกษาต้องดำเนินการสั่งซื้อสินค้า เฉพาะสินค้า A, B และ E ในสมการที่ (5) เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพต้นทุนสินค้า คงคลังรวมกับนโยบายที่นำเสนอ ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนสินค้าคงคลังรวมของนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max กับนโยบายแบบ CD (หน่วย : บาท)

รายการ	สินค้า A	สินค้า B	สินค้า E
Min	80,237.60	-	6,328.51
Max	130,787.29	70,801.75	-
CD	144,475.20	70,801.75	6,328.51
% Change	44.9 ,46.47	0.00	0.00

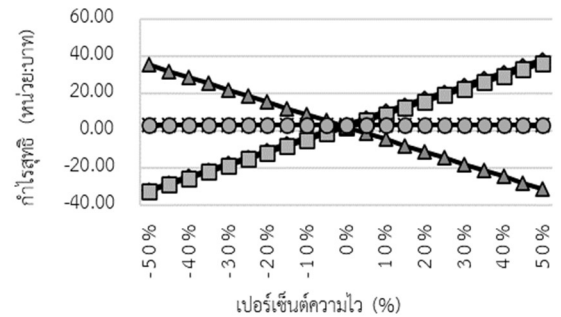
ผลการเปรียบเทียบต้นทุนสินค้าคงคลังรวมตามตาราง ที่ 5 สังเกตได้ว่า สินค้า A มีต้นทุนรวมตามนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min มีต้นทุนต่ำกว่า นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ CD ร้อยละ 44.46 เช่นเดียวกับนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Max มีต้นทุนต่ำกว่า นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ CD ร้อยละ 9.47 ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังพบข้อสังเกตว่าสินค้า B มีต้นทุนสินค้าคงคลังรวมเท่ากัน เนื่องจากปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตามนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Max เท่ากับ 100 หีบ ได้รับส่วนลดขั้นต่ำ 0.0562 เท่ากับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตามนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ CD ในขณะที่การสั่งซื้อสินค้า E เป็นการสั่งซื้อสินค้า แบบไม่มีส่วนลด จึงทำให้ต้นทุนสินค้าคงคลังรวมของทั้ง 2 นโยบายเท่ากัน

4.4 การวิเคราะห์ความไวของตัวแปร (Sensitivity analysis of Parameters)

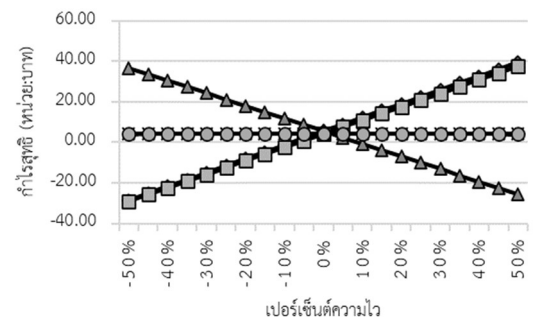
การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความไวของตัวแปรที่มีส่งผลต่อกำไร ประกอบด้วย (1) ราคาจำหน่ายสินค้าสำหรับลูกค้าแบบค้าปลีก (P_c) (2) ราคาจำหน่ายสินค้าสำหรับลูกค้าแบบค้าส่ง (P_v) (3) ส่วนลดการสั่งซื้อสินค้า (D_s) (4) ราคาตามใบสั่งซื้อสินค้า (P_s) (5) ต้นทุนการจัดเก็บ (C_s) และ (6) ต้นทุนการถือครองสินค้า (Ch) โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ความไวของตัวแปรที่มีมากกว่า 5 ตัวแปร คือ -50 และ 50% [5][6] หาคำตอบโดยใช้สมการที่ (7) - (11) ปรากฏดังรูปที่ 2 - รูปที่ 6 ตามลำดับ

จากรูปที่ 2 - รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงราคาตามใบสั่งซื้อสินค้า (P_s) ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของสินค้า A, B, C, D, E จะส่งผลต่อตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้าสำหรับ แบบค้าปลีก (P_c) และแบบค้าส่ง (P_v) ในขณะที่ตัวแปรส่วนลดทางการค้า (D_s) ส่งผลให้สินค้า A, B, C ขาดทุนตั้งแต่ระดับ 5%, 10% และ 25%

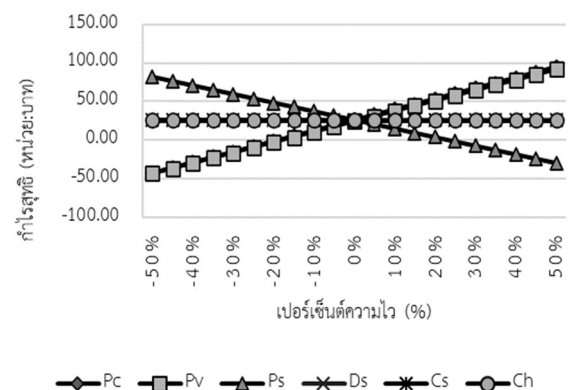
ตามลำดับแต่สินค้าที่ไม่มีส่วนลด คือ สินค้า D, E ส่งผลให้ขาดทุนตั้งแต่ระดับ 40% และ 35% ตามลำดับ สรุปได้ว่าสินค้าที่ได้รับส่วนลดทางการค้ามีโอกาสในการขาดทุนมากกว่าสินค้า ที่ไม่ได้รับส่วนลดทางการค้า



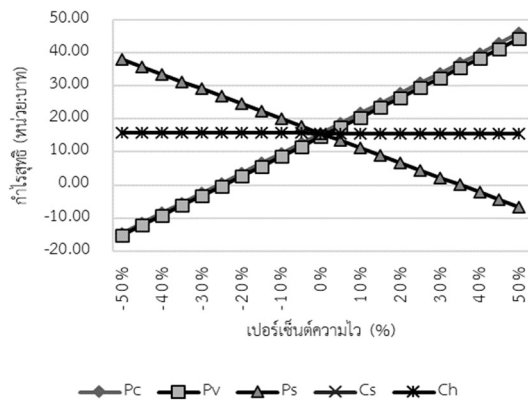
รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรที่มีส่งผลต่อกำไรของสินค้า A



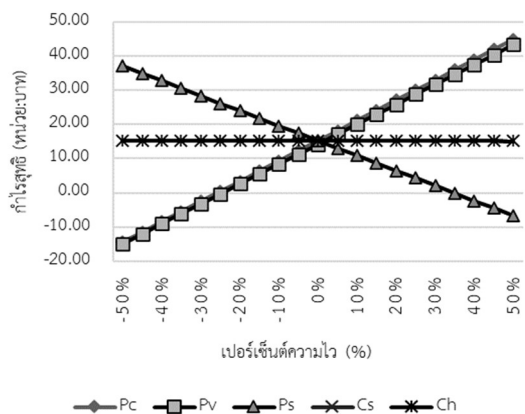
รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรที่มีส่งผลต่อกำไรของสินค้า B



รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรที่มีส่งผลต่อกำไรของสินค้า C

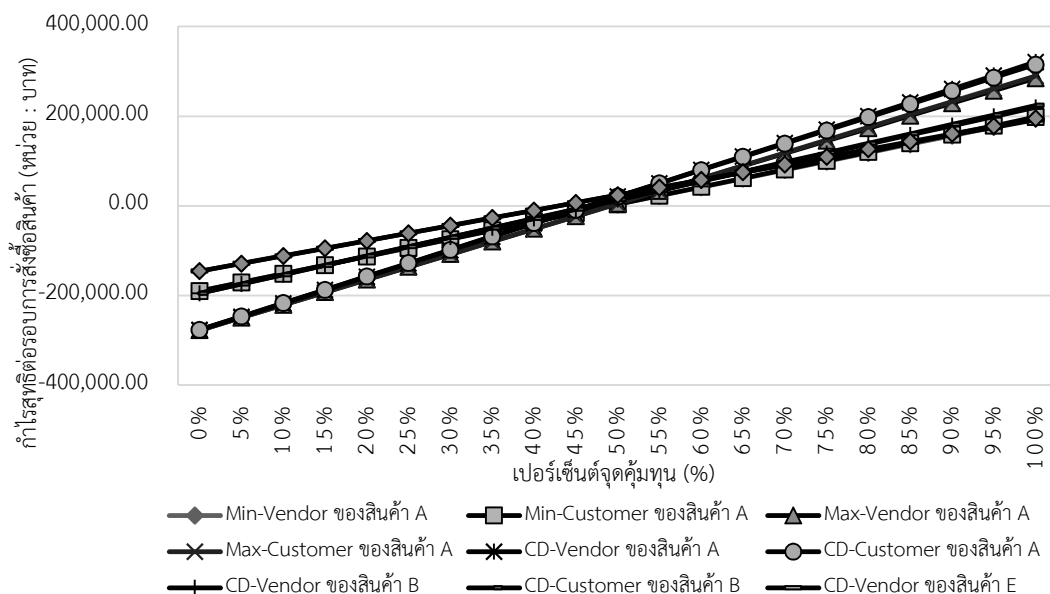


รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรที่มีส่งผลต่อกำไรของสินค้า D



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรที่มีส่งผลต่อกำไรของสินค้า E

กรณีที่ 1 การตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าตามนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max และนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ CD



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจากผลกำไรสุทธิ กรณีสั่งซื้อสินค้า ของสินค้า A สินค้า B และสินค้า E

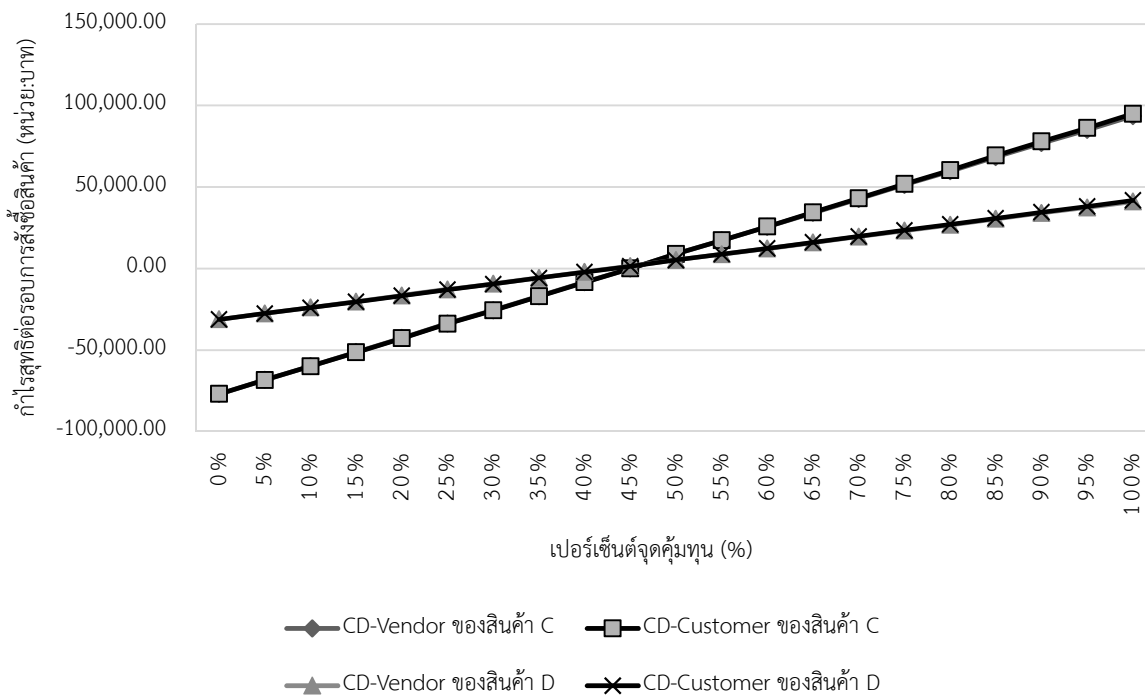
4.5 ผลการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนต่อการประกอบการสั่งซื้อสินค้า

เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบโอกาสในการกำไรสูงสุดของราคาสินค้าที่จำหน่าย โดยพิจารณาโอกาสในการขายสินค้าและสัดส่วนความต้องการสินค้าสำหรับลูกค้าแบบค้าส่ง (Vendor) และแบบค้าปลีก (Customer) หาคำตอบดังสมการที่ (12) – (13) เพื่อวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของการสั่งซื้อ เพื่อจำหน่ายทั้ง 2 แบบ ตามนโยบายที่เสนอ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี ปรากฏดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ

จากรูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจากกำไรสุทธิที่คาดว่าจะได้รับต่อการประกอบการสั่งซื้อสินค้า เมื่อพิจารณาจากการจำหน่ายสำหรับลูกค้าแบบค้าส่งและแบบค้าปลีก พบว่า สินค้า A มีจุดคุ้มทุนเท่ากันทุกนโยบายการสั่งซื้อสินค้า ส่วนนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max ส่งผลให้ การจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีกได้รับผลกำไรมากกว่า แบบค้าส่ง ในทางตรงกันข้ามนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ CD ทำให้การจำหน่ายสินค้าแบบค้าส่งได้ผลกำไรมากกว่าแบบค้าปลีก ในขณะเดียวกันสินค้า B มีจุดคุ้มทุนมากกว่าสินค้า E ที่ระดับ 5%

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อระดับจุดคุ้มทุนแรกของสินค้า A,B และ E เท่ากับ 50% ทำให้กำไรสุทธิที่ได้รับจากการจำหน่ายสินค้าแบบค้าส่งกับแบบค้าปลีกเท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาระดับจุดคุ้มทุน ตั้งแต่ระดับ 55% ขึ้นไป ตามกรณีที่ 2 การตัดสินใจไม่สั่งซื้อสินค้า

นโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max จะเห็นได้ว่า การจำหน่ายสินค้าสำหรับแบบค้าปลีกได้รับผลกำไรมากกว่าแบบค้าส่ง ตรงกันข้ามกับนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ CD



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจากผลกำไรสุทธิ กรณีไม่สั่งซื้อสินค้า ของสินค้า C และสินค้า D

จากรูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจากผลกำไรสุทธิ ที่คาดว่าจะได้รับ เมื่อพิจารณาจากการจำหน่ายสินค้าแบบค้าส่งและแบบค้าปลีก พบว่า สินค้า C และสินค้า D มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ระดับ 45% ซึ่งมีผลกำไรสุทธิที่คาดว่าจะได้รับจากการจำหน่ายสินค้าแบบค้าส่งและแบบค้าปลีกแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนที่ระดับ 55% ขึ้นไป จะสังเกตได้ว่าผลกำไรสุทธิที่คาดว่าจะได้รับจากการจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีกมากกว่า แบบค้าส่ง แม้ว่ารายการสินค้านั้นจะมีส่วนลดทางการค้าหรือไม่ก็ตาม

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปัญหาและการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่พิจารณาจากจุดคุ้มทุนภายใต้ความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอนและความอ่อนไหวของราคาขายสินค้า โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าคงคลัง จำนวน 5 รายการ ที่เกิดขึ้นจริง ระยะเวลา 24

สัปดาห์ (เดือน มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2565) จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (r) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันความต้องการสินค้าของผู้บริโภค (CV) ปรากฏว่า ค่า r ของตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้า A (PA), ตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้า B (PB) และตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้า C (PC) มีความแปรผันมาก ในขณะที่ตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้า D (PD) และตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้า E (PE) ไม่มีความสัมพันธ์กัน เช่นเดียวกับ ค่า CV มากกว่า 0.20 แสดงถึงระดับความต้องการสินค้าไม่คงที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ [13]

ส่วนการทดสอบตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการหาต้นทุนสินค้าคงคลังรวมต่ำสุดเปรียบเทียบระหว่างนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min-Max และนโยบายการสั่งซื้อสินค้าส่วนลดแบบมีเงื่อนไข จำนวน 5 รายการพบว่า สินค้า A

เหมาะสมกับนโยบายการสั่งซื้อสินค้าแบบ Min เมื่อเทียบกับนโยบายอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ [12] ส่วนสินค้า B และสินค้า E สามารถเลือกใช้ได้ทุกนโยบาย เพราะไม่ส่งผลต่อต้นทุนสินค้าคงคลังรวม

เมื่อทำการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกำไรสุทธิต่อหน่วย จำนวน 5 ตัวแปร พบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีก (P_c) และตัวแปรราคาจำหน่ายสินค้าแบบค้าส่ง (P_v) จะส่งผลต่อกำไรสุทธิ ส่วนตัวแปรราคาตามใบสั่งซื้อสินค้า (P_s) ที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนตัวแปรส่วนลดการสั่งซื้อ (D_s) ตัวแปรต้นทุนการจัดเก็บ (C_s) และตัวแปรต้นทุนการถือครองสินค้า (Ch) ที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] [6]

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของกำไรสุทธิต่อหน่วยต่อรอบการสั่งซื้อสินค้า เมื่อพิจารณาสัดส่วนของโอกาสในการขาย และสัดส่วนการจำหน่ายสินค้าสำหรับลูกค้าแบบค้าส่งและแบบค้าปลีก กรณีที่ 1 เมื่อตัดสินใจสั่งซื้อสินค้า พบว่า สินค้า A และสินค้า B มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ระดับ 50% สินค้า E มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ระดับ 45% และกรณีที่ 2 เมื่อตัดสินใจไม่สั่งซื้อสินค้า พบว่า สินค้า C และสินค้า D มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ระดับ 45% เท่ากัน สังเกตได้ว่าเมื่อจุดคุ้มทุนอยู่ตั้งแต่ระดับ 55% ขึ้นไป จะส่งผลให้การจำหน่ายสินค้าแบบค้าปลีกมากกว่าแบบค้าส่งไม่ว่าการสั่งซื้อสินค้าจะมีส่วนลดทางการค้าหรือไม่ก็ตาม

ดังนั้น เมื่อพิจารณางานวิจัยที่ผ่านมาของ [3] [5] [6] [19] [20] ที่ศึกษาสินค้าและคู่ค้าเฉพาะรายการเดียว โดยอาศัยตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การหาคำตอบที่เหมาะสมนั้น บทความวิจัยนี้ได้เพิ่มเติมวิธีการทดสอบ และตัวแปรที่เกี่ยวข้องของปัญหา พบประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

(1) ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นวิธีที่ใช้หลักการคำนวณพื้นฐาน เหมาะสำหรับปัญหาเฉพาะเจาะจงและปัญหาที่มีความหลากหลายภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ อีกทั้งยังสามารถใช้โปรแกรมประมวลผลพื้นฐานในการหาคำตอบได้สะดวก รวดเร็วและใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด

(2) ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาดังกล่าวสามารถหาคำตอบในกรณีราคาสินค้าที่แตกต่างกันได้มากกว่า 1 รายการ

(3) นโยบายการสั่งซื้อสินค้าที่นำเสนอทั้ง 2 แบบ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสินค้าที่มีส่วนลดแบบมีเงื่อนไขและไม่มีส่วนลดได้

(4) การวิเคราะห์ความไวและการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกับปัญหานโยบายการสั่งซื้อสินค้า ทำให้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ดังกล่าว มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสินค้ามากกว่า 1 ประเภท

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เป็นเพียงการนำเสนอแนวทางการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่เหมาะสมโดยอาศัยการพิจารณาจุดคุ้มทุนและเงื่อนไขความต้องการที่ไม่แน่นอนและความอ่อนไหวของราคาสินค้า ซึ่งเป็นการศึกษาภายใต้บริบทกรณีศึกษาที่กำหนดเท่านั้น ทั้งนี้หากผู้ใดที่สนใจต้องการศึกษาเพิ่มเติมควรพิจารณาเงื่อนไขและขอบเขตอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ยกตัวอย่างเช่น การจัดกิจกรรมส่งเสริมทางการตลาด (การลด-แลก-แถม สินค้า), การพิจารณาเงื่อนไขการชำระเงินจากซัพพลายเออร์ (Credit payment) หรือ สภาพคล่องทางการเงินของกรณีศึกษา เป็นต้น รวมถึงลักษณะรายการสินค้าที่มีความแตกต่างกันต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพิทักษ์ อยู่เจริญศักดิ์ ผู้บริหารบริษัท พี.เอส. ซุปเปอร์สโตร์ จำกัด (สาขาวังสีสุบ) และพนักงานทุกท่านที่อนุเคราะห์ข้อมูล รวมถึงคำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Taleizadeh AA, Tavassoli S, Bhattacharya A. Inventory ordering policies for mixed sale of products under inspection policy, multiple prepayment, partial trade credit, payments linked to order quantity and full backordering. *Annals of Operations Research*. 2020; 287: 403–437.
- [2] Hofstra N, Spiliotopoulou E, Leeuw S. Ordering decisions under supply uncertainty and inventory record inaccuracy: an experimental investigation. *A Journal of the Decision Sciences Institute*. 2022; 1-16.

- [3] Nita SH. Ordering policies for inventory management when demand is stock dependent and a temporary price discount is linked to order quantity. *Investigación Operacional*. 2012; 33(3): 233-244.
- [4] Coniglio S, Koster A, Spiekermann N. Lot sizing with storage losses under demand uncertainty. *Journal of Combinatorial Optimization*. 2018; 36: 763-788.
- [5] Shah NH, Patel DG, Shah DB. Optimal pricing and ordering policies for inventory system with two-level trade credits under price-sensitive trended demand. *International Journal of Applied and Computational Mathematics*. 2015; 1: 101-110.
- [6] Widyadana AGI, Wang K, Sutapa N. An optimal inventory model for a retailer with price dependent demand and unavailability supply. *International Conference on Logistic and Business Innovation*. 2020; 110-118.
- [7] Guo P, Jia Y, Gan J, Li X. Optimal pricing and ordering strategies with a flexible return strategy under uncertainty. *Mathematics*. 2021; 9(17): 1-12.
- [8] Bijari M, Shirneshan H. Stochastic lot- sizing: maximizing probability of meeting target profit. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Istanbul, Turkey, July 3-6, 2012. p. 970-977.
- [9] วิสุทธิ์ สุพิทักษ์, มนตรี ฉัตรจินดากุล. นโยบาย เดิมเติม วัสดุคงคลังอะไหล่สำหรับการซ่อมบำรุงเชิงแก้ไขในหลายเครื่องจักรที่มีอัตราการเกิดชำรุดแตกต่างกัน. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 2566; 33(1): 1-14.
- [10] นิภาภรณ์ วาวจะโปะ, ปิยะวดี ประสงค์ศิลป์, วุฒิชัย ศรีโสตาพล. ตัวแบบสินค้าคงคลังร่วมกันระหว่างผู้ผลิตรายเดียวและผู้ซื้อรายเดียวโดยพิจารณาการลดช่วงเวลานำและการให้ราคาส่วนลด. *KKU Engineering Journal*. 2014; 41(1): 53-62.
- [11] อติชัย วรรณระภูติ, สรวิชญ์ เขียวสุวรรณไชย. แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการสั่งซื้อธุรกิจนำเข้า. *โครงการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34*, วันที่ 27 มีนาคม 2558 มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2558. 1466-1477.
- [12] ญัฐพล สันแก้ว, กาญจน์ภา อมรัชกุล. การกำหนดนโยบายบริหารสินค้าคงคลังแบบเดิมเติมร่วมกันหลายรายการ โดยมีข้อจำกัดการจัดส่งแบบเติมคันรถ: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์สำนักงานทาง E-Commerce แห่งหนึ่งในไทย. *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*. 2562; 4(2): 18-30.
- [13] กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์, กุลวุฒิ ไตรอด. การจัดการพัสดุคงคลังอะไหล่ในคลังสาขา. *Pathumwan Academic Journal*. 2020;10(27): 26 – 40.
- [14] Wali M. Application optimizing the placement of safety stocks using the max- min method for printing companies. *International Journal of Research & Review*. 2019;6(2): 203-210.
- [15] Zhu H. A simple heuristic policy for stochastic inventory systems with both minimum and maximum order quantity requirements. *Annals of Operations Research*. 2022; 309: 347–363.
- [16] Asana DP, Radhitya ML, Widiartha KK, Santika PP, Wiguna AG. Inventory control using ABC and min- max analysis on retail management information system. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020; 1469: 1-10.
- [17] Romadhon NI, Sukarno I, Lusiani M. Analysis inventory of consumable goods using min-max method at Universitas Pertamina. *Journal of Emerging Supply Chain, Clean Energy, and Process Engineering*. 2022; 1(1): 55-62.
- [18] นพพร ณะชัยขันธ. สถิติเบื้องต้นสำหรับ การวิจัย. วิทยพัฒน์ พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ. 241; 2555.
- [19] Shah HN, Gor SA, Jhaveri AC, Optimal pricing and ordering policy for an integrated inventory model with quadratic demand when trade credit linked to order quantity. *Journal of Modeling in Management*. 2012; 7(2): 148-165.
- [20] Shah HN, Patel GD, Shah BD. Optimal inventory policies for single - supplier single - buyer deteriorating items with price - sensitive stock -

dependent demand and order linked trade credit. *International Journal of Inventory control and Management*. 2013; 3(1-2): 285-301.

- [21] ช่อผกา โพธิ์ร่มไทร, ปวีณา เขาวลิตวงศ์. ระบบสนับสนุนการบริหารสินค้าคงคลังสำหรับธุรกิจขายสินค้าตกแต่งบ้าน. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*. 2565; 15(3): 36-45.
- [22] จีราดา อนุชิตนันทน์. การประยุกต์แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับการวางแผนการผลิต : กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*. 2565; 15(3): 46-56.